

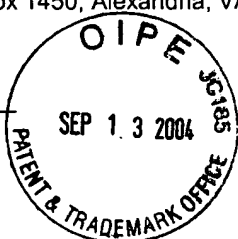
IFW

**CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service on the date shown below with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Date: September 9, 2004

June Keating



Patent  
36856.1147

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of: Masaya TAMURA	Art Unit: 2836
Serial No.: 10/721,364	Examiner: Unknown
Filing Date: November 26, 2003	
For: ELECTROSTATIC ACTUATOR	

**TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENTS**

Commissioner for Patent  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of Japanese Patent Application Nos. **2003-016538** filed **January 24, 2003** and **2003-346025** filed **October 3, 2003** from which priority is claimed under 35 U.S.C. 119 and Rule 55b.

Acknowledgement of the priority documents is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

Date: September 9, 2004

  
Attorneys for Applicant(s)

Joseph R. Keating  
Registration No. 37,368

Christopher A. Bennett  
Registration No. 46,710

**KEATING & BENNETT LLP**  
10400 Eaton Place, Suite 312  
Fairfax, VA 22030  
(703) 385-5200

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 3 年   1 月 2 4 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 3 - 0 1 6 5 3 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :      [ J P 2 0 0 3 - 0 1 6 5 3 8 ]

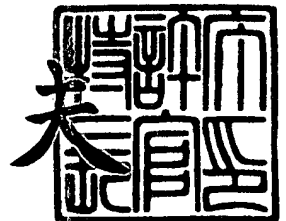
願      人      株式会社村田製作所  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 3 年 1 0 月 2 1 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 6 3 8 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 T4369

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H02N 1/00  
G02B 26/08

【発明の名称】 静電型アクチュエータ

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

【氏名】 田村 昌弥

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100079441

【弁理士】

【氏名又は名称】 広瀬 和彦

【電話番号】 (03)3342-8971

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006862

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004887

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 静電型アクチュエータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板に変位可能に支持された可動体と、複数の電極板からなる櫛歯状に形成されて前記基板に設けられた固定電極と、該固定電極の電極板に向けて突出する複数の電極板からなる櫛歯状に形成されて前記可動体に設けられ該固定電極との間で発生する静電力により前記可動体を変位させる可動電極とを備えてなる静電型アクチュエータにおいて、

前記固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、他方の電極板に向けて突出する長さ寸法を異ならしめる構成としたことを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項 2】 前記固定電極の電極板と前記可動電極の電極板とは、いずれも異なる長さ寸法に形成してなる請求項 1 に記載の静電型アクチュエータ。

【請求項 3】 前記固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、段階的に異なる長さ寸法に形成してなる請求項 1 または 2 に記載の静電型アクチュエータ。

【請求項 4】 前記固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、前記可動体に近い位置から離れた位置に向けて長さ寸法を段階的に小さく形成してなる請求項 1 または 2 に記載の静電型アクチュエータ。

【請求項 5】 前記固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、複数本を 1 組として複数組に形成し、前記各組内の電極板を等しい長さ寸法に形成すると共に異なる組毎に前記電極板の長さ寸法を異ならしめる構成としてなる請求項 1, 2, 3 または 4 に記載の静電型アクチュエータ。

【請求項 6】 前記固定電極と可動電極とを構成する少なくとも他方の電極板は、前記一方の電極板の各組間に噛合する当該他方の電極板を周囲の電極板よりも大きな幅寸法に形成してなる請求項 5 に記載の静電型アクチュエータ。

【請求項 7】 前記固定電極と可動電極とを構成する一方または両方の電極板は、少なくとも一部の電極板を等しい長さ寸法に形成してなる請求項 1, 2,

3, 4, 5 または 6 に記載の静電型アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば基板上に配置した可動体を電極間の静電力によって駆動するのに好適に用いられる静電型アクチュエータに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

一般に、静電型アクチュエータは、例えば光スイッチ、光シャッタ、光アッテネータ等の光通信用部品や、角速度センサ、共振器等に用いられている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 3】

【特許文献 1】

米国特許第 6 3 1 5 4 6 2 号

【0 0 0 4】

この種の従来技術による静電型アクチュエータは、基板と、該基板に変位可能に支持された可動体と、複数の電極板からなる櫛歯状に形成されて前記基板に設けられた固定電極と、該固定電極の電極板に向けて突出する複数の電極板からなる櫛歯状に形成されて前記可動体に設けられ該固定電極との間で発生する静電力により前記可動体を変位させる可動電極とにより構成されている。

【0 0 0 5】

ここで、可動体は支持梁等を介して基板に設けられ、一定の方向に変位可能となっている。また、固定電極と可動電極とは、例えばシリコン材料にエッチング加工等を施すことにより、ほぼ等しい長さ寸法を有する複数の電極板が櫛歯状に並んで形成されている。そして、可動体を駆動するときには、固定電極と可動電極との間に電圧を印加すると、可動電極の電極板が静電力によって固定電極の各電極板の間に引込まれ、固定電極と可動電極とが啮合することにより、可動体を変位するものである。

【0 0 0 6】

この場合、固定電極と可動電極の各電極板が互いに噛合しているときには、両者が重なり合うように対向した状態となるため、静電力は、電極板の長さ方向（可動体の変位方向）だけでなく、これと直交する方向（電極板の幅方向）にも作用する。このため、固定電極と可動電極とは、例えば可動体の変位方向に延びる軸線を中心として左、右対称に形成され、各電極板に加わる幅方向の静電力を左、右の電極板間で打消す構成となっている。

#### 【0007】

そして、このように構成される静電型アクチュエータを、例えば角速度センサ、共振器等に適用する場合には、固定電極と可動電極との間に交流の電圧等を印加する。これにより、アクチュエータは、例えば数 $\mu\text{m}$ ～20 $\mu\text{m}$ 程度の変位量（振幅）をもって可動体を共振状態で振動させることができる。

#### 【0008】

また、例えば光スイッチ等に適用される静電型アクチュエータは、可動体に設けられたミラー部を光路に出入りさせ、光を反射または通過させることにより、光路の切換えを行う。この場合、アクチュエータは、例えば可動体（ミラー部）を光の口径よりも大きく変位させて切換え動作を確実に行う必要があるため、その変位量は、例えば20 $\mu\text{m}$ ～100 $\mu\text{m}$ 程度の大きさに設定されることが多い。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来技術では、例えば固定電極と可動電極の形状に対称性をもたせることにより、静電型アクチュエータの作動時には、可動体を所定の方  
向に変位させ、これと直交する幅方向の静電力を打消す構成としている。

#### 【0010】

しかし、固定電極や可動電極を形成するときには、例えば寸法誤差、加工誤差等によって電極形状のばらつきが生じ易く、これらの電極板は僅かに非対称な形状となっていることが多い。

#### 【0011】

この結果、アクチュエータの作動時には、可動電極の各電極板に加わる幅方向の静電力が十分に打消されず、この静電力により可動電極が傾くように変位して

固定電極と接触することがある。このため、従来技術では、可動体が固定電極に引掛かって十分に変位しなかったり、アクチュエータの動作が不安定となることがあり、信頼性が低下するという問題がある。

#### 【0012】

特に、光スイッチ等の静電型アクチュエータは、角速度センサ等のように共振状態を利用することなく、可動体を静的な状態で大きく変位させる必要があるため、アクチュエータの作動時には、固定電極と可動電極の各電極板が比較的長い寸法範囲にわたって重なり合った状態となる。

#### 【0013】

このため、可動電極には、電極板の重なり長さに応じて幅方向の大きな静電力が加わるようになり、この静電力が電極形状のばらつき等によって少しでも打消されなくなると、アクチュエータの作動不良を招くという問題がある。

#### 【0014】

本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、可動体を安定した状態で変位させることができ、可動体や可動電極の傾きを防止できると共に、信頼性を向上できるようにした静電型アクチュエータを提供することを目的としている。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

上述した課題を解決するために本発明は、基板と、該基板に変位可能に支持された可動体と、複数の電極板からなる櫛歯状に形成されて基板に設けられた固定電極と、該固定電極の電極板に向けて突出する複数の電極板からなる櫛歯状に形成されて可動体に設けられ該固定電極との間で発生する静電力により可動体を変位させる可動電極とを備えてなる静電型アクチュエータに適用される。

#### 【0016】

そして、請求項1の発明が採用する構成の特徴は、固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、他方の電極板に向けて突出する長さ寸法を異ならしめる構成としたことにある。

#### 【0017】

このように構成することにより、可動体を駆動するときには、まず固定電極と可動電極とを構成する一方の電極板のうち長さ寸法が大きな電極板と、他方の電極板との間に静電力を発生し、この静電力によって可動体を変位させることができる。これにより、固定電極の電極板と可動電極の電極板とを長さ寸法が大きな電極板から小さな電極板へと順次噛合させることができ、例えば全ての電極板が噛合するまで可動体を大きく変位させることができる。

#### 【0018】

この場合、可動体がいずれの位置で変位する場合でも、固定側と可動側の各電極板が噛合する（重なり合う）長さの総和を、その位置で可動体を駆動するのに必要な最低限の寸法に抑えることができる。

#### 【0019】

また、請求項2の発明によると、固定電極の電極板と可動電極の電極板とは、いずれも異なる長さ寸法に形成する構成としている。これにより、固定電極と可動電極とを構成する一方の電極板だけでなく、他方の電極板にも長さ寸法の寸法差を形成することができる。この結果、可動体が静電力によって変位するときには、固定側と可動側の各電極板が噛合して重なり合う長さを、両者の寸法差を加算した寸法分だけ大きく増加させることができ、これらの間に発生する静電力を可動体の変位量に応じて十分に増大させることができる。

#### 【0020】

従って、固定電極と可動電極とは、各電極板の寸法差をそれぞれ小さく設定できるので、例えば隣接する2本の電極板間に相手方の電極板が噛合するときには、両側の電極板の寸法差によって相手方の電極板が傾くような静電力を受けるのを抑制することができる。

#### 【0021】

また、請求項3の発明によると、固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、段階的に異なる長さ寸法に形成する構成としている。これにより、例えば隣接する電極板の寸法差を小さく設定できるので、これらの電極板間に相手方の電極板が噛合するときには、両側の電極板から相手方の電極板に加わる静電力の釣り合いバランスを良好に保持することができる。



**【0022】**

また、請求項4の発明によると、固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、可動体に近い位置から離れた位置に向けて長さ寸法を段階的に小さく形成する構成としている。

**【0023】**

これにより、固定側と可動側の各電極板が重なり合う長さを可動体から離れた位置で小さくすることができる。従って、各電極板が重なり合う位置で可動体を傾ける方向の静電力が発生する場合でも、この静電力が可動体から離れた位置で大きな回転モーメントとなって可動体に加わるのを防止することができる。

**【0024】**

また、請求項5の発明によると、固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、複数本を1組として複数組に形成し、前記各組内の電極板を等しい長さ寸法に形成すると共に異なる組毎に前記電極板の長さ寸法を異ならしめる構成としている。

**【0025】**

これにより、例えば可動体を初期位置から中間位置を介して切換位置へと変位させるときには、それぞれの位置で噛合する電極板の本数を必要に応じて異なる本数に設定でき、可動体の位置に応じて適切な大きさの静電力を発生することができる。

**【0026】**

また、請求項6の発明によると、固定電極と可動電極とを構成する少なくとも他方の電極板は、一方の電極板の各組間に噛合する当該他方の電極板を周囲の電極板よりも大きな幅寸法に形成する構成としている。

**【0027】**

これにより、一方の電極板の各組間（長さ寸法が異なる電極板間）に噛合する他方の電極板を高い強度に形成することができる。従って、両側に位置する一方の電極板から他方の電極板に加わる静電力の大きさが異なる場合でも、例えば他方の電極板が傾くように撓み変形するのを防止することができる。

**【0028】**

また、請求項7の発明によると、固定電極と可動電極とを構成する一方または両方の電極板は、少なくとも一部の電極板を等しい長さ寸法に形成する構成としている。

#### 【0029】

これにより、例えば固定電極または可動電極を構成する複数本の電極板のうち一部の電極板を等しい長さ寸法に形成し、他の電極板を必要に応じて異なる長さ寸法に形成することができる。

#### 【0030】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態による静電型アクチュエータを、添付図面を参照して詳細に説明する。

#### 【0031】

ここで、図1ないし図9は第1の実施の形態を示し、本実施の形態では、静電型アクチュエータを光スイッチ装置に適用した場合を例に挙げて述べる。

#### 【0032】

図中、1は光スイッチ装置のベースとなる基板で、該基板1は、例えばガラス板等により数ミリ程度の大きさの四角形状に形成され、互いに直交するX軸およびY軸に沿って水平方向に延びている。

#### 【0033】

そして、基板1の表面側には、例えば低抵抗なシリコン材料等にエッチング加工を施すことにより、後述の可動体2、ミラー部3、支持梁4、固定電極5、可動電極8等が形成されている。

#### 【0034】

2は基板1上に設けられた可動体で、該可動体2は、図1、図2に示す如く、例えば細長い棒状体として形成され、Y軸方向に延びている。また、可動体2は、基板1に各支持梁4を介してY軸方向に変位可能に支持され、ミラー部3、可動電極8と共に基板1に対して離間した状態に保持されている。

#### 【0035】

3は可動体2の端部側に設けられたミラー部で、該ミラー部3は、後述する光

学装置 2 0 の光路に対して進退可能に配置され、光路の切換えを行うものである。また、ミラー部 3 の表面は、例えばメッキ、蒸着、スパッタ等の手段を用いて金属膜を形成することにより、鏡面仕上げされている。

#### 【 0 0 3 6 】

そして、ミラー部 3 は、図 1 に示す如く、固定電極 5 と可動電極 8 との間に電圧を印加していないときに、各支持梁 4 の弾性力（ばね力）によって可動体 2 と一緒に初期位置に保持されている。また、固定電極 5 と可動電極 8 との間に電圧を印加したときには、図 5 に示す如く、これらの電極間に静電力が発生することにより、可動体 2、ミラー部 3 および可動電極 8 が Y 軸方向に変位しつつ、各支持梁 4 が撓み変形する。これにより、ミラー部 3 は切換え位置に移動し、光学装置 2 0 の光路を切換える構成となっている。

#### 【 0 0 3 7 】

4 は基板 1 上に設けられた例えば 4 本の支持梁で、該各支持梁 4 は、例えば略コ字状に屈曲して形成され、Y 軸方向に撓み変形可能となっている。また、各支持梁 4 の基端側には、例えば陽極接合等の手段によって基板 1 に固定された固定部 4 A が設けられ、各支持梁 4 の先端側は、可動体 2 に固着されている。そして、各支持梁 4 は、可動体 2 の左、右両側に位置して前、後方向に離間し、これらの 4 箇所でも動体 2 を Y 軸方向に変位可能に支持するものである。

#### 【 0 0 3 8 】

5 は基板 1 上に設けられた例えば 6 個の固定電極で、該各固定電極 5 は、図 3 に示す如く、例えば低抵抗なシリコン材料等により櫛歯状電極として形成され、後述の支持部 6 と、各固定側電極板 7 とにより構成されている。また、各固定電極 5 は、可動体 2 の左、右両側に 3 個ずつ配置され、可動体 2 を中心として左、右で対称（線対称）に形成されている。

#### 【 0 0 3 9 】

6 は各固定電極 5 にそれぞれ形成された例えば 6 個の支持部で、該各支持部 6 は、基板 1 上に一定の高さをもって突設され、X 軸方向に延びると共に、固定側電極板 7 を支持している。また、各支持部 6 のうち、例えば可動体 2 の他端側に位置する 2 個の支持部 6 は互いに連結されている。

## 【0040】

ここで、支持部 6 のうち可動電極 8 に面した側面部位には、例えば X 軸方向に対して斜めに傾斜した傾斜面部 6 A が形成されている。これにより、可動電極 8 が静電力によって変位するときには、図 7 に示す如く、その可動側電極板 10 ～ 19 の突出端に対して傾斜面部 6 A が近い位置に配置されるため、これらの突出端と支持部 6 との間にも Y 軸方向の静電力が発生する構成となっている。

## 【0041】

7 は各固定電極 5 をそれぞれ構成する複数の固定側電極板で、該各固定側電極板 7 は、基板 1 と支持部 6 とに設けられ、X 軸方向に一定の間隔をもって櫛歯状に並んでいる。この場合、各固定側電極板 7 は、支持部 6 から可動側電極板 10 ～ 19 に向けて Y 軸方向（可動体 2 の変位方向）に突出すると共に、基板 1 と垂直な方向に一定の高さを有し、これらの 2 方向に延びる四角形の平板状に形成されている。また、各固定側電極板 7 の突出端側は、個々の固定電極 5 毎に Y 軸方向の等しい位置に配置されている。

## 【0042】

また、例えば各固定側電極板 7 のうち X 軸方向の左端に位置する電極板 7 に着目すると、固定電極 5 と可動電極 8 とが噛合したときには、図 7 に示す如く、この固定側電極板 7 に対して可動側電極板 19 から右向きの静電力が加わる。また、X 軸方向の右端に位置する電極板 7 には、可動側電極板 10 から左向きの静電力が加わる。これに対し、他の固定側電極板 7 は、左、右両側に噛合する可動側電極板 10 ～ 19 から互いに反対向きの静電力を受けるようになり、X 軸方向の静電力が打消し合って比較的小さくなる。

## 【0043】

このため、左、右両端側に位置する 2 個の固定側電極板 7 は、X 軸方向に対して他の固定側電極板 7 よりも大きな幅寸法に形成されている。これにより、両端側の電極板 7 を高い強度に形成できると共に、これらを陽極接合等の手段によって基板 1 に広い面積で接合でき、両端側の電極板 7 が X 軸方向の片側から加わる静電力によって撓み変形するのを防止することができる。

## 【0044】

8は各固定電極5と対向して可動体2に設けられた例えば6個の可動電極で、該各可動電極8は、例えば低抵抗なシリコン材料等により櫛歯状電極として形成され、後述の支持部9と、可動側電極板10～19とにより構成されている。また、各可動電極8は、可動体2の左、右両側に3個ずつ配置されると共に、可動体2を中心として左、右で対称（線対称）に形成されている。

#### 【0045】

9は各可動電極8をそれぞれ構成する例えば6個の支持部で、該各支持部9は、例えば可動体2からX軸方向に突出する棒状体として形成されている。

#### 【0046】

10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19は各可動電極8をそれぞれ構成する複数の可動側電極板で、該可動側電極板10～19は、支持部9から固定側電極板7に向けてY軸方向に突出すると共に、基板1と垂直な方向に一定の高さを有し、これらの2方向に延びる四角形の平板状に形成されている。また、可動側電極板10～19は、固定側電極板7と等しい一定の間隔をもって配置され、X軸方向に櫛歯状に並んでいる。

#### 【0047】

ここで、可動側電極板10～19のうち、例えば可動体2に最も近い電極板10は、図3に示す如く、Y軸方向の長さ寸法 $L_a$ をもって形成され、可動体2から最も離れた電極板19は、この長さ寸法 $L_a$ よりも小さい長さ寸法 $L_b$ をもって形成されている（ $L_a > L_b$ ）。また、電極板10～19は、可動体2に近い位置から離れた位置に向けて長さ寸法が段階的に変化するよう形成され、これらの長さ寸法は、電極板10から電極板19に向けて例えば1～10  $\mu\text{m}$ 程度の寸法差 $\Delta L_1$ ずつ小さくなっている。

#### 【0048】

また、可動体2が初期位置にあるときに、可動側電極板10～19のうち可動体2寄りに位置する一部の電極板（例えば、電極板10～13）は、各固定側電極板7間の中間位置に噛合し、これらの電極板7とY軸方向に沿って重なり合うように配置されている。この場合、可動側電極板10は、図4に示す如く、例えば固定側電極板7との重なり長さ $L$ が1～10  $\mu\text{m}$ 程度の寸法値に設定されてい

る。また、可動側電極板 10～13 と各固定側電極板 7 との間には、例えば 1～5  $\mu\text{m}$  程度の X 軸方向の間隔  $d$  が電極板 10～13 の左、右両側にそれぞれ形成されている。一方、他の可動側電極板（例えば、電極板 14～19）は、固定側電極板 7 と噛合しない位置（重なり長さが零となる位置）に配置されている。

#### 【0049】

そして、可動体 2 を切換位置に駆動するときには、例えば 50～100 V 程度の直流電圧を固定電極 5 と可動電極 8 との間に印加する。これにより、可動側電極板 10～19 は、後述の図 6、図 7 に示す如く、静電力によって各固定側電極板 7 の間に順次噛合し、電極 5，8 間に発生する静電力は、支持梁 4 の復元力（反力）よりも大きくなるように徐々に増大するため、可動体 2 は、例えば 50～80  $\mu\text{m}$  程度の大きな変位量をもって切換位置に変位する構成となっている。

#### 【0050】

この場合、可動側電極板 10～19 の長さ寸法は、段階的に小さくなるように形成されているため、可動体 2 が変位するときには、後述の如く可動側電極板 10～19 と固定側電極板 7 との重なり長さの総和を、可動体 2 を駆動するのに必要最低限の寸法に抑えることができ、例えば電極板 7，10～19 の形状ばらつき等によって X 軸方向の静電力が可動体 2 に加わるのを抑制できるものである。

#### 【0051】

20 は基板 1 上に設けられた光学装置で、該光学装置 20 は、図 1、図 5 に示す如く、発光部 20A，20B と受光部 20C，20D とからなり、これらには光ファイバ（図示せず）等がそれぞれ接続されている。そして、可動体 2 が初期位置にあるときには、発光部 20A から発射される光ビームがミラー部 3 により反射されて受光部 20C で受光され、発光部 20B の光ビームが受光部 20D で受光される。また、可動体 2 が切換位置にあるときには、発光部 20A の光ビームがミラー部 3 の外側を通過して受光部 20D で受光され、発光部 20B の光ビームが受光部 20C で受光される構成となっている。

#### 【0052】

本実施の形態による光スイッチ装置は上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

## 【0 0 5 3】

まず、固定電極 5 と可動電極 8 との間に印加すると、例えば可動側電極板 1 0 ～ 1 3 と各固定側電極板 7 との間に静電力が発生する。このとき、可動電極 8 に加わる Y 軸方向の静電力 F は、下記数 1 の式のように表すことができる。

## 【0 0 5 4】

## 【数 1】

$$F = \frac{\varepsilon \times h \times V^2 \times n}{d}$$

但し、 $\varepsilon$ ：誘電率

$h$ ：基板 1 と垂直な方向に対する電極板の高さ

$V$ ：電極板間の印加電圧

$d$ ：電極板間の X 軸方向の間隔

$n$ ：噛合する電極板の本数

## 【0 0 5 5】

この場合、可動側電極板 1 0 ～ 1 3 のうち固定側電極板 7 と重なり合う部位には、Y 軸方向の静電力だけでなく、X 軸方向の静電力も加わる。しかし、可動側電極板 1 0 ～ 1 3 は、図 4 に示す如く、両側の固定側電極板 7 に対する間隔  $d$  が等しく形成されているため、X 軸方向の静電力は互いに打消され、Y 軸方向の静電力  $F$  のみが可動側電極板 1 0 ～ 1 3 に加わる。

## 【0 0 5 6】

そして、可動体 2 は、図 6 に示す如く、この静電力  $F$  により Y 軸方向に変位しつつ、支持梁 4 が撓み変形するため、支持梁 4 の撓み変形量に応じた復元力（反力）を受けるようになる。しかし、本実施の形態では、可動側電極板 1 0 ～ 1 9 の長さ寸法が段階的に小さく形成されているため、可動体 2 が変位すると、その変位量に応じて可動側電極板 1 4 ～ 1 9 が各固定側電極板 7 の間に順次噛合し、この噛合する電極数の増加は、前記数 1 の式中の本数  $n$  が増加することに相当する。このため、可動電極 8 全体に加わる Y 軸方向の静電力  $F$  は、図 8 中に実線で示す如く、可動体 2 の変位量に応じて徐々に増大し、支持梁 4 の復元力よりも少し大きな値、即ち可動体 2 を駆動するのに必要最低限の値を保持する。

## 【0057】

これにより、可動体2は、図7に示す如く、全ての可動側電極板10～19が各固定側電極板7の間に噛合し、例えば電極5，8間の静電力Fと支持梁4の復元力とが等しくなるまでY軸方向に変位し続け、所定の切換位置に達する。

## 【0058】

ここで、本実施の形態に対する比較例として、図10に示す静電型アクチュエータを例に挙げて説明する。この比較例では、基板100上に可動体101、固定電極102が配置され、可動体101に可動電極103が設けられている。また、固定電極102には、従来技術とほぼ同様に、長さ寸法が等しい複数の固定側電極板102Aが櫛歯状に形成され、可動電極103にも、長さ寸法が等しい複数の可動側電極板103Aが櫛歯状に形成されている。

## 【0059】

そして、これらの電極板102A，103Aは初期状態から噛合しているため、電極102，103間に発生するY軸方向の静電力は、図8中に仮想線で示す如く、可動体101の変位に対してほぼ一定の値となる。また、個々の電極板102A，103Aの重なり長さを電極102，103全体で加算した総和は、図9中に仮想線で示す如く、可動体101の変位量に応じて比例的に増加する。

## 【0060】

これに対し、本実施の形態では、図6に示す如く、可動体2の変位量に応じて可動側電極板10～19と固定側電極板7とが順次噛合する構成としているため、これらの電極板7，10～19は、可動体2の変位量が小さいときに、例えば図10中の部位Aで余分に重なり合うことがなくなる。この結果、可動側電極板10～19と固定側電極板7との重なり長さを電極5，8全体で加算した総和を、図9中に実線で示す如く、例えば従来技術と比較して2/3程度の値に減少させることができる。

## 【0061】

これにより、可動側電極板10～19のうちX軸方向の静電力を受ける部位を可能な限り小さくできるから、電極板7，10～19の形状ばらつき等によってX軸方向の静電力が打消されずに残る場合でも、可動体2が傾くように変位する



のを防止することができる。

#### 【0062】

かくして、本実施の形態によれば、可動電極 8 の可動側電極板 10～19 を異なる長さ寸法に形成する構成としたので、可動側電極板 10～19 のうち、例えば長さ寸法が小さな電極板 14～19 を相手方の固定側電極板 7 と噛合しない位置に配置することができる。

#### 【0063】

そして、可動体 2 を駆動するときには、例えば長さ寸法が大きな電極板 10～13 と固定側電極板 7 との間に静電力を発生でき、これらの静電力によって可動体 2 を変位させることにより、長さ寸法が小さな電極板 14～19 と固定側電極板 7 とを可動体 2 の変位量に応じて順次噛合させることができる。

#### 【0064】

これにより、固定電極 5 と可動電極 8 との間に発生する静電力を、電極板 14～19 が噛合するのに伴って徐々に増大させることができ、例えば全ての可動側電極板 10～19 が固定側電極板 7 と噛合するまで可動体 2 を大きく変位させることができる。そして、可動体 2 がいずれの位置で変位する場合でも、可動側電極板 10～19 と固定側電極板 7 との重なり長さの総和を、個々の位置で可動体 2 を駆動するのに必要な最低限の寸法に抑えることができる。

#### 【0065】

従って、従来技術のように各電極板 102A, 103A が不要な部位 A 等で重なり合うことがなくなり、電極板 7, 10～19 の重なり位置で生じる X 軸方向の静電力を可能な限り小さくすることができる。この結果、例えば光スイッチ装置等のように大きな変位量が必要なアクチュエータ等においても、可動体 2、ミラー部 3 および可動電極 8 を Y 軸方向に安定的に変位させることができ、これらが X 軸方向の静電力により傾くのを防止できると共に、十分に大きな変位量を確保しつつ、信頼性を向上させることができる。

#### 【0066】

また、従来技術のように支持梁 4 の反力よりも過度に大きな静電力を発生させることがなくなり、可動体 2 の変位量に対応して支持梁 4 の反力よりも少し大き

な静電力Fを容易に発生できるから、電極5, 8としての機能を維持しつつ、可動体2を効率よく駆動することができる。

#### 【0067】

この場合、可動側電極板10～19の長さ寸法を段階的に異なるように形成したので、隣接する電極板10～19間の寸法差 $\Delta L_1$ を小さく設定することができる。これにより、例えば1組の可動側電極板（例えば、電極板10, 11）の間に相手方の固定側電極板7が噛合するときには、両側の電極板10, 11から固定側電極板7に加わるX軸方向の静電力の釣り合いバランスを良好に保持することができる。このため、例えば可動側電極板10, 11の寸法差によって電極板10, 11から固定側電極板7に加わるX軸方向の静電力に大きな差が生じ、電極板7がX軸方向に傾くように撓み変形するのを防止することができる。

#### 【0068】

また、可動側電極板10～19の長さ寸法を可動体2から離れた位置で小さく形成したので、固定側電極板7と可動側電極板10～19との重なり長さを可動体2から離れた位置で小さくすることができる。従って、電極板7, 10～19が重なり合う位置で可動体2を傾ける方向の静電力が発生する場合でも、この静電力が可動体2から離れた位置で大きな回転モーメントとなって可動体2に加わるのを防止でき、可動体2をY軸方向に安定的に駆動することができる。

#### 【0069】

さらに、可動側電極板10～19の長さ寸法を小さくすることにより、可動体2、ミラー部3および可動電極8からなる可動部位全体の質量を小さく形成することができる。従って、この可動部位を静電力によって切換位置に変位させたり、支持梁4の復元力によって初期位置に復帰させるときの応答性を高めることができ、光スイッチ装置の切換動作をスムーズに行うことができる。

#### 【0070】

次に、図11は本発明による第2の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、固定電極と可動電極の電極板をいずれも異なる長さ寸法に形成する構成としたことにある。なお、本実施の形態では前記第1の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

## 【0071】

21は光スイッチ装置を構成する固定電極で、該固定電極21は、第1の実施の形態とほぼ同様に、基板1上に設けられ、X軸方向に延びる支持部22と、後述の固定側電極板23～33とにより構成されている。

## 【0072】

23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33は複数の固定側電極板で、該固定側電極板23～33は、第1の実施の形態とほぼ同様に、支持部22から後述の可動側電極板36～45に向けてY軸方向に突出し、X軸方向に一定の間隔をもって櫛歯状に並んでいる。

## 【0073】

ここで、固定側電極板23～33のY軸方向の長さ寸法は、可動体2に最も近い電極板23が大きく形成され、可動体2から最も離れた電極板33が小さく形成されている。そして、電極板23～33は、可動体2に近い位置から離れた位置に向けて長さ寸法が段階的に変化するように形成され、これらの長さ寸法は、電極板23から電極板33に向けて所定の寸法差 $\Delta L_2$ ずつ小さくなっている。

## 【0074】

34は固定電極21と対向する位置で可動体2に設けられた可動電極で、該可動電極34は、第1の実施の形態とほぼ同様に、可動体2からX軸方向に突出する棒状体として形成された支持部35と、後述の可動側電極板36～45とにより構成されている。

## 【0075】

36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45は複数の可動側電極板で、該可動側電極板36～45は、第1の実施の形態とほぼ同様に、支持部35から固定側電極板23～33に向けてY軸方向に突出し、これらの電極板23～33と等しい一定の間隔をもってX軸方向に櫛歯状に並んでいる。

## 【0076】

ここで、可動側電極板36～45のY軸方向の長さ寸法は、可動体2に最も近い電極板36が大きく形成され、可動体2から最も離れた電極板45が小さく形成されている。そして、電極板36～45は、可動体2に近い位置から離れた位

置に向けて長さ寸法が段階的に変化するように形成され、これらの長さ寸法は、電極板 36 から電極板 45 に向けて所定の寸法差  $\Delta L_3$  ずつ小さくなっている。

#### 【0077】

また、可動体 2 が初期位置にあるときに、可動側電極板 36～45 のうち可動体 2 寄りに位置する一部の電極板（例えば、電極板 36, 37）は、固定側電極板 23, 24 の間に噛合し、他の可動側電極板（電極板 38～45）は、固定側電極板 25～33 と噛合しない位置に保持されている。

#### 【0078】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、第 1 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、固定側電極板 23～33 と可動側電極板 36～45 の長さ寸法をそれぞれ可動体 2 に近い位置から離れた位置に向けて段階的に小さくなるように構成したので、これら両方の電極板 23～33, 36～45 にそれぞれ寸法差  $\Delta L_2$ ,  $\Delta L_3$  を形成することができる。

#### 【0079】

これにより、可動体 2 を駆動するときには、可動体 2 が静電力によって変位するときには、固定側電極板 23～33 と可動側電極板 36～45 とが重なり合う長さを、両者の寸法差  $\Delta L_2$ ,  $\Delta L_3$  をを加算した寸法分だけ大きく増加させることができる。このため、例えば寸法差  $\Delta L_2$ ,  $\Delta L_3$  を第 1 の実施の形態における寸法差  $\Delta L_1$  の半分程度の大きさに設定したとしても、電極 21, 34 間に発生する静電力を可動体 2 の変位量に応じて十分に増大させることができる。

#### 【0080】

従って、これらの寸法差  $\Delta L_2$ ,  $\Delta L_3$  をそれぞれ小さく設定できるので、隣接する 2 本の電極板（例えば、固定側電極板 23, 24）の間に相手方の電極板（可動側電極板 36）が噛合するときには、両側の電極板 23, 24 から相手方の電極板 36 に加わる X 軸方向の静電力の釣り合いバランスを良好に保持することができる。このため、可動側電極板 36 が X 軸方向に傾くような静電力を受けるのを抑制でき、可動体 2 を安定的に駆動することができる。

#### 【0081】

次に、図 1 2 は本発明による第 3 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、電極板を複数本ずつ組にして各組の長さ寸法を異ならしめる構成としたことにある。なお、本実施の形態では前記第 1 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

#### 【0082】

5 1 は光スイッチ装置を構成する固定電極で、該固定電極 5 1 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、基板 1 上に設けられ、X 軸方向に延びる支持部 5 2 と、後述の固定側電極板 5 3、5 4 とにより構成されている。

#### 【0083】

5 3、5 4 は固定電極 5 1 を構成する複数の固定側電極板で、該各固定側電極板 5 3、5 4 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、支持部 5 2 から後述の可動側電極板 5 7～5 9 に向けて Y 軸方向に突出し、X 軸方向に一定の間隔をもって櫛歯状に並んでいる。

#### 【0084】

ここで、各固定側電極板 5 3 は、可動側電極板 5 7～5 9 のうち長さ寸法が互いに等しい各電極板 5 7 の間、各電極板 5 8 の間および各電極板 5 9 の間に噛合する電極板として形成され、X 軸方向に対して所定の幅寸法  $W_a$  を有している。

#### 【0085】

また、各固定側電極板 5 4 は、長さ寸法が異なる電極板 5 7、5 8 の間および電極板 5 8、5 9 の間（即ち、可動側電極板 5 7、5 8、5 9 の各組間）に噛合する構成となっているため、左、右の電極板 5 7、5 8（または電極板 5 8、5 9）から受ける X 軸方向の静電力が後述の寸法差  $\Delta L_4$  によって異なる大きさとなる。このため、各固定側電極板 5 4 は、固定側電極板 5 3 の幅寸法  $W_a$  よりも大きな幅寸法  $W_b$  をもって高い強度に形成され（ $W_a < W_b$ ）、X 軸方向の静電力を受けた場合でも、電極板 5 4 の撓み変形を防止できる構成となっている。

#### 【0086】

5 5 は固定電極 5 1 と対向する位置で可動体 2 に設けられた可動電極で、該可動電極 5 5 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、可動体 2 から X 軸方向に突出する棒状体として形成された支持部 5 6 と、後述の可動側電極板 5 7、5 8、5 9

とにより構成されている。

#### 【0087】

5 7, 5 8, 5 9 は可動電極 5 5 を構成する複数の可動側電極板で、該各可動側電極板 5 7, 5 8, 5 9 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、支持部 5 5 から固定側電極板 5 3, 5 4 に向けて Y 軸方向に突出し、ほぼ一定の間隔をもって X 軸方向に櫛歯状に並んでいる。

#### 【0088】

ここで、可動側電極板 5 7 ~ 5 9 は、例えば可動体 2 に近い 3 本の電極板 5 7 と、該各電極板 5 7 よりも可動体 2 から離れた 3 本の電極板 5 8 と、該各電極板 5 8 よりも可動体 2 から離れた 4 本の電極板 5 9 とからなる 3 つの組に分けて形成され、各組内の電極板は、Y 軸方向の長さ寸法が互いに等しくなっている。

#### 【0089】

また、各可動側電極板 5 7 ~ 5 9 の長さ寸法は、異なる組毎に異なる大きさに形成され、可動体 2 に近い位置から離れた位置に向けて電極板 5 7, 5 8, 5 9 の順に所定の寸法差  $\Delta L_4$  ずつ段階的に小さくなっている。

#### 【0090】

また、可動体 2 が初期位置にあるときに、可動側電極板 5 7 ~ 5 9 のうち可動体 2 寄りに位置する一部の電極板（例えば、各電極板 5 7）は、固定側電極板 5 3, 5 4 の間に噛合し、他の可動側電極板（各電極板 5 8, 5 9）は、固定側電極板 5 3, 5 4 と噛合しない位置に保持されている。

#### 【0091】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、第 1 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、例えば 3 つの組からなる可動側電極板 5 7, 5 8, 5 9 の長さ寸法を各組毎に異ならしめる構成としたので、例えば可動体 2 を初期位置から中間位置を介して切換位置へと変位させるときには、それぞれの位置で固定側電極板 5 3, 5 4 と噛合する可動側電極板 5 7 ~ 5 9 の本数を必要に応じて異なる本数に設定することができる。これにより、可動体 2 の位置に応じて適切な大きさの静電力を発生でき、設計自由度を高めることができる。

## 【0092】

また、可動側電極板 57, 58, 59 の各組間に噛合する各固定側電極板 54 の幅寸法  $W_b$  を他の固定側電極板 53 の幅寸法  $W_a$  よりも大きく形成したので、固定側電極板 54 が両側の電極板 57, 58 (または電極板 58, 59) から X 軸方向の静電力を受けるときに、これらの静電力が寸法差  $\Delta L_4$  によって異なる大きさとなる場合でも、固定側電極板 54 が静電力によって撓み変形するのを防止でき、アクチュエータとしての動作を安定させることができる。

## 【0093】

次に、図 13 は本発明による第 4 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、固定電極と可動電極の両方で電極板を複数本ずつ組にして各組の長さ寸法を異ならしめる構成としたことにある。なお、本実施の形態では前記第 1 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

## 【0094】

61 は光スイッチ装置を構成する固定電極で、該固定電極 61 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、基板 1 上に設けられ、X 軸方向に延びる支持部 62 と、後述の固定側電極板 63, 64, 65 とにより構成されている。

## 【0095】

63, 64, 65 は固定電極 61 を構成する複数の固定側電極板で、該各固定側電極板 63, 64, 65 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、支持部 62 から後述の可動側電極板 68 ~ 70 に向けて Y 軸方向に突出し、X 軸方向に一定の間隔をもって櫛歯状に並んでいる。

## 【0096】

ここで、固定側電極板 63 ~ 65 は、例えば可動体 2 に近い 3 本の電極板 63 と、該各電極板 63 よりも可動体 2 から離れた 4 本の電極板 64 と、該各電極板 64 よりも可動体 2 から離れた 3 本の電極板 65 とからなる 3 つの組に分けて形成され、各組内の電極板は、Y 軸方向の長さ寸法が互いに等しくなっている。

## 【0097】

また、各固定側電極板 63 ~ 65 の長さ寸法は、異なる組毎に異なる大きさに形成され、可動体 2 に近い位置から離れた位置に向けて電極板 63, 64, 65

の順に所定の寸法差 $\Delta L_5$ ずつ段階的に小さくなっている。

#### 【0098】

66は固定電極61と対向する位置で可動体2に設けられた可動電極で、該可動電極66は、第1の実施の形態とほぼ同様に、可動体2からX軸方向に突出する棒状体として形成された支持部67と、後述の可動側電極板68、69、70とにより構成されている。

#### 【0099】

68、69、70は可動電極66を構成する複数の可動側電極板で、該各可動側電極板68、69、70は、支持部67から固定側電極板63～65に向けてY軸方向に突出し、これらの電極板63～65と等しい一定の間隔をもってX軸方向に櫛歯状に並んでいる。

#### 【0100】

また、可動側電極板68～70は、前記第3の実施の形態とほぼ同様に、例えば可動体2に近い3本の電極板68と、該各電極板68よりも可動体2から離れた4本の電極板69と、該各電極板69よりも可動体2から離れた3本の電極板70とからなる3つの組に分けて形成され、これらのY軸方向の長さ寸法は各組毎に等しくなっている。そして、各可動側電極板68～70の長さ寸法は、電極板68、69、70の順に所定の寸法差 $\Delta L_6$ ずつ段階的に小さくなっている。

#### 【0101】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第1ないし第3の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。

#### 【0102】

なお、前記各実施の形態では、電極板10～19、23～33、36～45、57～59、63～65、68～70の長さ寸法を可動体2に近い位置から離れた位置に向けて段階的に変化させる構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば図14に示す第1の変形例のように構成してもよい。この場合、可動電極71を構成する各可動側電極板72、73、74の長さ寸法は、例えば可動体2に近い位置から離れた位置に向けて山形状に変化するように形成されている。即ち、可動電極71は、可動体2に近い各電極板72と、可動体2から離れた各



電極板 72 の長さ寸法とが小さく形成され、これらの中に位置する各電極板 74 の長さ寸法が大きく形成されると共に、両側の各電極板 72 から中間位置の各電極板 74 に向けて長さ寸法が段階的に大きくなるように構成されている。

#### 【0103】

また、第 1 の実施の形態では、可動側電極板 10～19 の長さ寸法を互いに寸法差  $\Delta L_1$  ずつ異ならしめる構成とした。しかし、本発明は、全ての電極板を異なる長さ寸法に形成しなくてもよいものであり、例えば図 15 に示す第 2 の変形例のように、複数本の電極板のうち少なくとも一部の電極板を等しい長さ寸法に形成し、他の電極板の長さ寸法を異ならしめる構成としてもよい。この場合、可動電極 8' は、可動体 2 寄りに位置する電極板 10' と電極板 11 とが等しい長さ寸法  $L_{a'}$  に形成されている。また、例えば Y 軸方向の中間に位置する電極板 14' と電極板 15 とを等しい長さ寸法に形成する構成としてもよい。これにより、設計自由度を高めることができる。

#### 【0104】

また、第 1 の実施の形態では、図 4 に示すように、初期位置における固定側電極板 7 と可動側電極板 10 との重なり長さ  $L$  を  $1 \sim 10 \mu m$  程度の寸法値に設定する構成とした。しかし、本発明は重なり長さ  $L$  をこの寸法値に限定するものではなく、重なり長さ  $L$  をより大きな寸法に設定してもよい。また、電極 5, 8 を Y 軸方向に小型化したいときには、重なり長さ  $L$  をより小さな寸法に設定する構成としてもよい。

#### 【0105】

また、これと同様に第 2 の実施の形態においても、固定側電極板 23～33 のうち一部の電極板を等しい長さ寸法に形成すると共に、可動側電極板 36～45 のうち一部の電極板を等しい長さ寸法に形成する構成としてもよい。

#### 【0106】

また、第 1, 第 3 の実施の形態では、可動側電極板 10～19, 57～59 の長さ寸法を異なる寸法に形成し、固定側電極 7, 53, 54 の突出端は Y 軸方向の等しい位置に揃える構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば各可動側電極板の長さ寸法を等しく形成し、各固定側電極板の長さ寸法のみを異なら

しめる構成としてもよい。

#### 【0107】

また、各実施の形態では、電極板10～19，23～33，36～45，57～59，63～65，68～70の長さ寸法を可動体2に近い位置から離れた位置に向けて段階的に小さくする構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、電極板の長さ寸法が可動体2に近い位置から離れた位置に向けて段階的に大きくなる構成としてもよい。

#### 【0108】

また、第3，第4の実施の形態では、電極板57～59，63～65，68～70を3本または4本ずつ1組にして3つの組に分ける構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、各組を構成する電極板の本数、電極板の組数は自由に設定してよいものである。

#### 【0109】

また、第3の実施の形態では、可動側電極板57～59を複数本ずつ組に形成し、固定側電極板54の幅寸法 $W_b$ を大きくする構成とした。しかし、本発明はこれに限らず、固定側電極板を複数本ずつ組にして各組毎に異なる長さ寸法に形成し、これらの各組間に噛合する可動側電極板の幅寸法を大きくする構成としてもよい。

#### 【0110】

また、実施の形態では、静電型アクチュエータを光スイッチ装置に適用する場合を例に挙げて説明した。しかし、本発明はこれに限らず、例えば角速度センサ、共振器等を含めて各種の静電型アクチュエータに適用できるのは勿論である。

#### 【0111】

##### 【発明の効果】

以上詳述した通り、請求項1の発明によれば、固定電極と可動電極とを構成する少なくとも一方の電極板は、長さ寸法を異ならしめる構成としたので、可動体を駆動するときには、固定電極と可動電極の電極板とを可動体の変位量に応じて順次噛合させ、可動体を大きく変位させることができる。このとき、固定側と可動側の各電極板が重なり合う長さの総和を、可動体を駆動するのに必要な最低限

の寸法に抑えることができるから、各電極板の重なり位置で可動体の変位方向と異なる方向の静電力が発生するのを抑制でき、可動体を所定の方法に安定的に変位させることができる。従って、可動体の変位量を十分に確保しつつ、信頼性を向上させることができる。

#### 【0 1 1 2】

また、請求項 2 の発明によれば、固定電極の電極板と可動電極の電極板とは、いずれも異なる長さ寸法に形成する構成としたので、固定側の電極板の寸法差と可動側の電極板の寸法差とをそれぞれ小さく設定することができる。これにより、例えば隣接する 2 本の電極板間に相手方の電極板が噛合するときには、両側の電極板から相手方の電極板に加わる静電力の釣り合いバランスを良好に保持でき、可動体の動作を安定させることができる。

#### 【0 1 1 3】

また、請求項 3 の発明によれば、電極板の長さ寸法を段階的に異ならしめる構成としたので、例えば隣接する電極板の寸法差を小さく設定でき、これらの電極板間に相手方の電極板が噛合するときには、両側の電極板の寸法差によって相手方の電極板が傾くような静電力を受けるのを抑制できると共に、可動体の動作を安定させることができる。

#### 【0 1 1 4】

また、請求項 4 の発明によれば、電極板の長さ寸法は、可動体に近い位置から離れた位置に向けて段階的に小さくする構成としたので、固定側と可動側の各電極板が重なり合う長さを可動体から離れた位置で小さくすることができる。これにより、各電極板が重なり合う位置で発生する静電力が大きな回転モーメントとなって可動体に加わるのを防止でき、可動体を所定の変位方向へと安定的に変位させることができる。

#### 【0 1 1 5】

また、請求項 5 の発明によれば、電極板を複数本ずつ組にして各組毎に等しい長さ寸法に形成し、異なる組毎に電極板の長さ寸法を異ならしめる構成としたので、例えば可動体を初期位置から中間位置を介して切換位置へと変位させるときには、それぞれの位置で相手方の電極板と噛合する電極板の本数を必要に応じて

異なる本数に設定することができる。これにより、可動体の位置に応じて適切な大きさの静電力を発生でき、設計自由度を高めることができる。

#### 【0 1 1 6】

また、請求項 6 の発明によれば、少なくとも一方の電極板の各組間に噛合する他方の電極板は、周囲の電極板よりも大きな幅寸法に形成する構成としたので、例えば長さ寸法が異なる 2 本の電極板間に噛合する相手方の電極板を高い強度に形成することができる。これにより、両側の電極板から相手方の電極板に加わる静電力に差がある場合でも、例えば相手方の電極板が傾くように撓み変形するのを防止でき、可動体を安定的に駆動することができる。

#### 【0 1 1 7】

また、請求項 7 の発明によれば、固定電極と可動電極とを構成する一方または両方の電極板は、少なくとも一部の電極板を等しい長さ寸法に形成する構成としたので、例えば固定電極の一部の電極板を等しい長さ寸法に形成したり、可動電極の一部の電極板を等しい長さ寸法に形成でき、設計自由度を高めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態による光スイッチ装置を示す正面図である。

##### 【図 2】

図 1 中の矢示 II-II 方向からみた光スイッチ装置の断面図である。

##### 【図 3】

図 1 中の固定電極と可動電極とを示す部分拡大図である。

##### 【図 4】

図 3 中の固定側電極板と可動側電極板とを示す要部拡大図である。

##### 【図 5】

可動体、ミラー部等が切換位置に駆動された状態を示す光スイッチ装置の正面図である。

##### 【図 6】

可動電極が固定電極に向けて途中まで変位した状態を示す部分拡大図である。

**【図 7】**

可動電極が固定電極と最大に噛合した状態を示す部分拡大図である。

**【図 8】**

可動体の変位量と電極間の静電力との関係を示す特性線図である。

**【図 9】**

可動体の変位量と各電極の重なり長さの総和との関係を示す特性線図である。

**【図 1 0】**

本発明の実施の形態と比較する比較例の電極等を示す部分拡大図である。

**【図 1 1】**

本発明の第 2 の実施の形態による光スイッチ装置の電極等を示す部分拡大図である。

**【図 1 2】**

本発明の第 3 の実施の形態による光スイッチ装置の電極等を示す部分拡大図である。

**【図 1 3】**

本発明の第 4 の実施の形態による光スイッチ装置の電極等を示す部分拡大図である。

**【図 1 4】**

本発明の第 1 の変形例による光スイッチ装置の電極等を示す部分拡大図である。

**【図 1 5】**

本発明の第 2 の変形例による光スイッチ装置の電極等を示す部分拡大図である。

**【符号の説明】**

- 1 基板
- 2 可動体
- 3 ミラー部
- 4 支持梁

4 A 固定部

5, 2 1, 5 1, 6 1 固定電極

6, 2 2, 5 2, 6 2 支持部

6 A 傾斜面部

7, 2 3 ~ 3 3, 5 3, 5 4, 6 3 ~ 6 5 固定側電極板 (電極板)

8, 3 4, 5 5, 6 6, 7 1 可動電極

9, 3 5, 5 6, 6 7 支持部

1 0 ~ 1 9, 3 6 ~ 4 5, 5 7 ~ 5 9, 6 8 ~ 7 0, 7 2 ~ 7 4 可動側電極  
板 (電極板)

2 0 光学装置

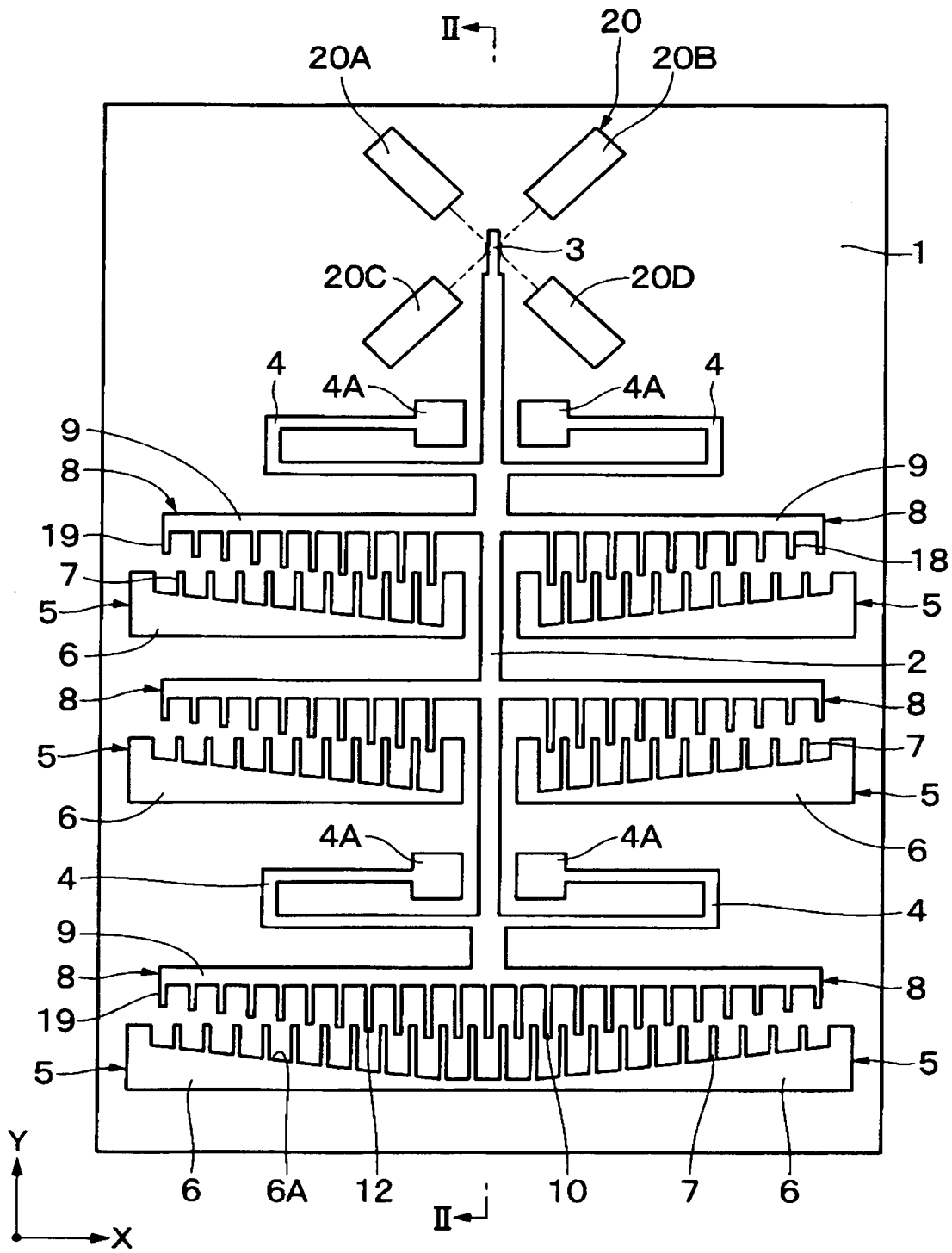
2 0 A, 2 0 B 発光部

2 0 C, 2 0 D

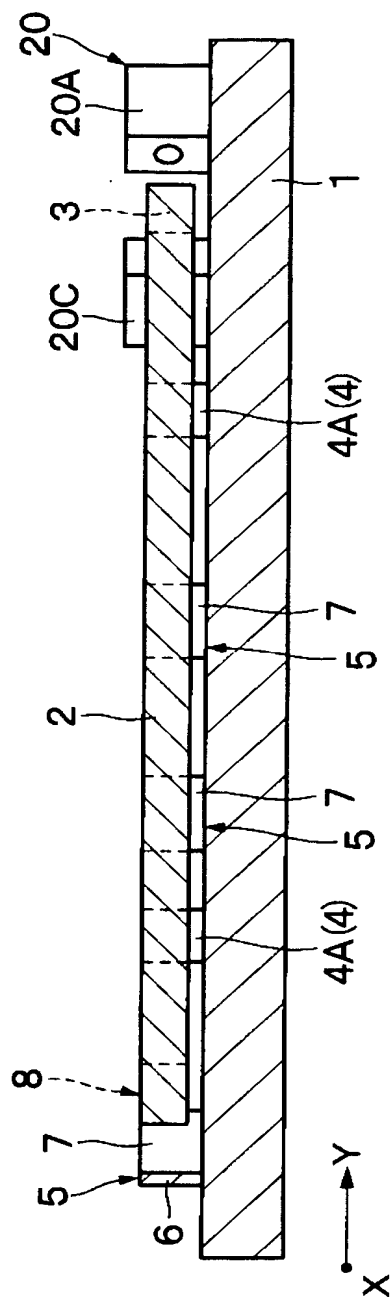
【書類名】

図面

【図 1】

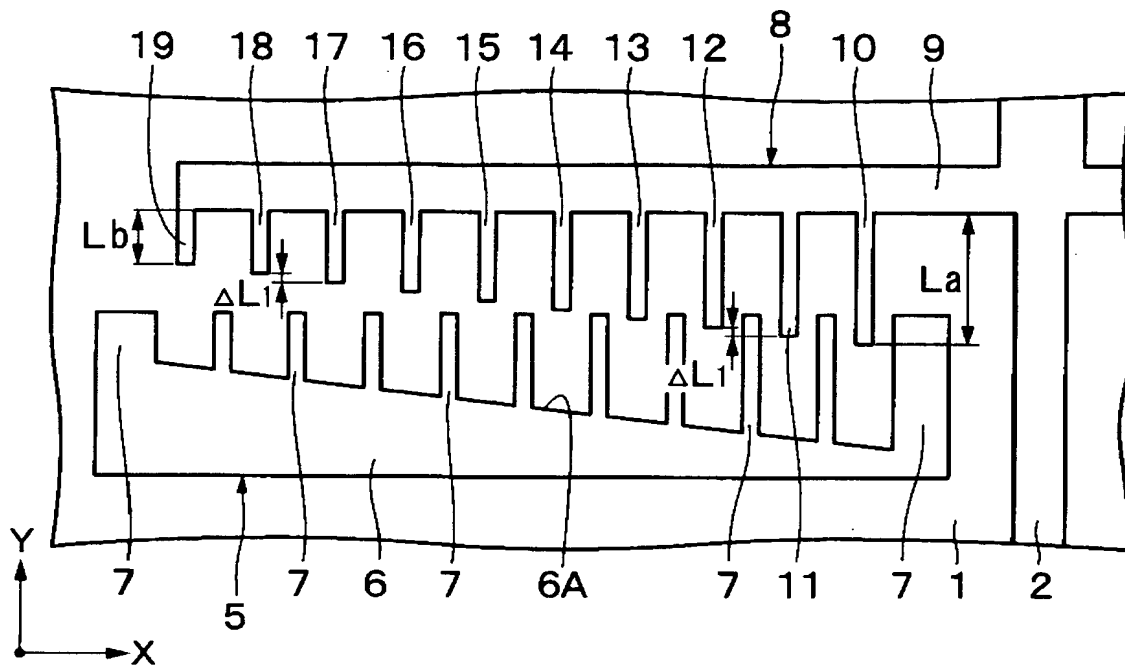


【図 2】

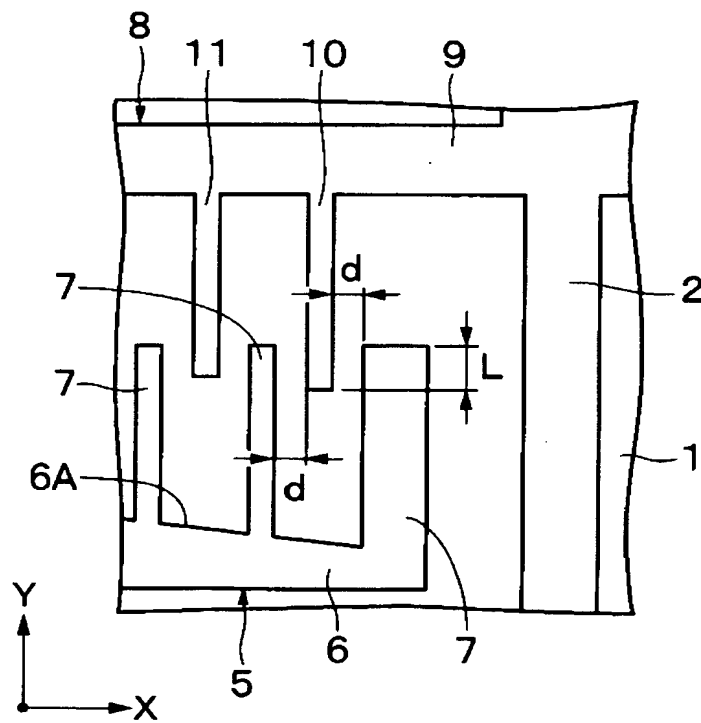




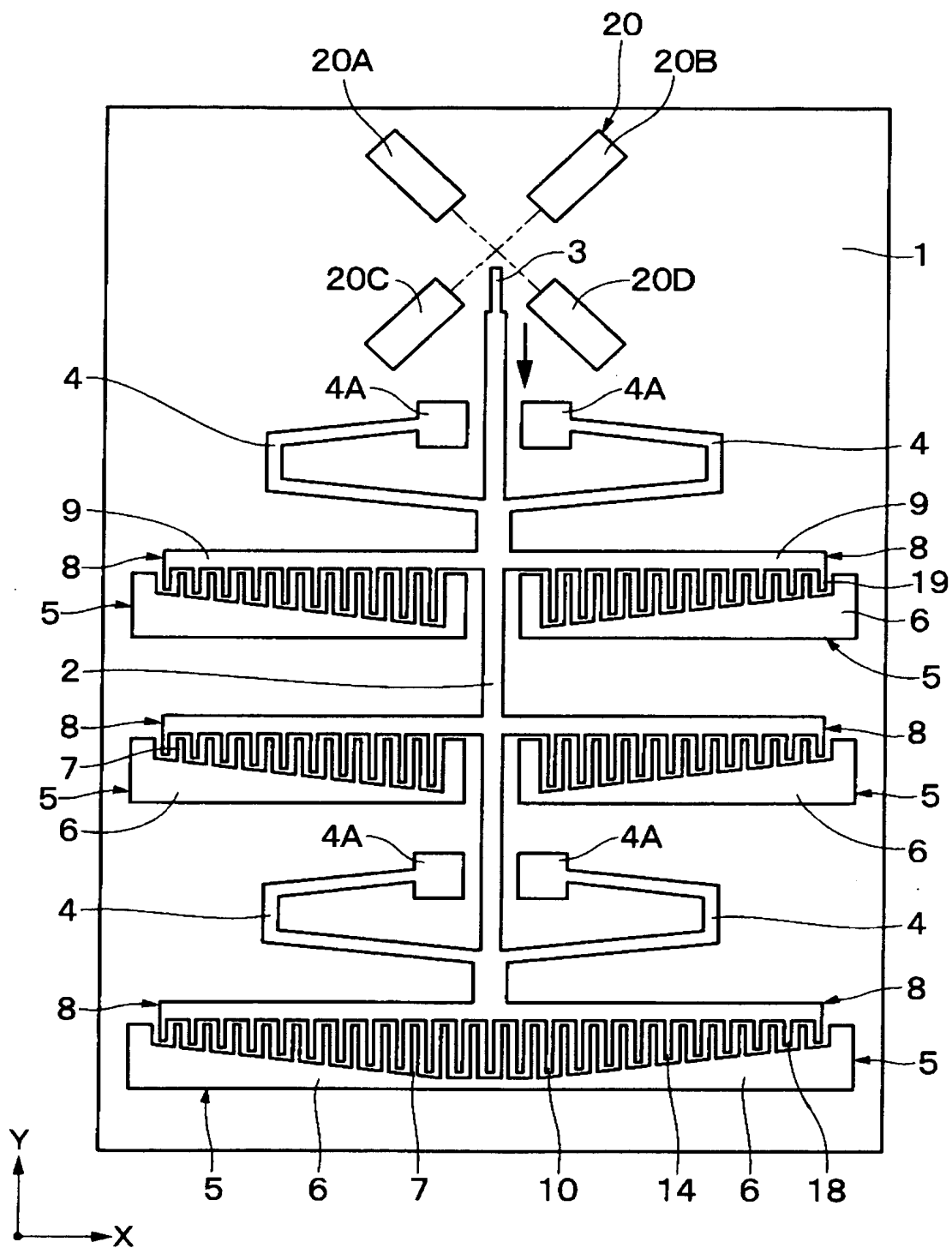
【図 3】



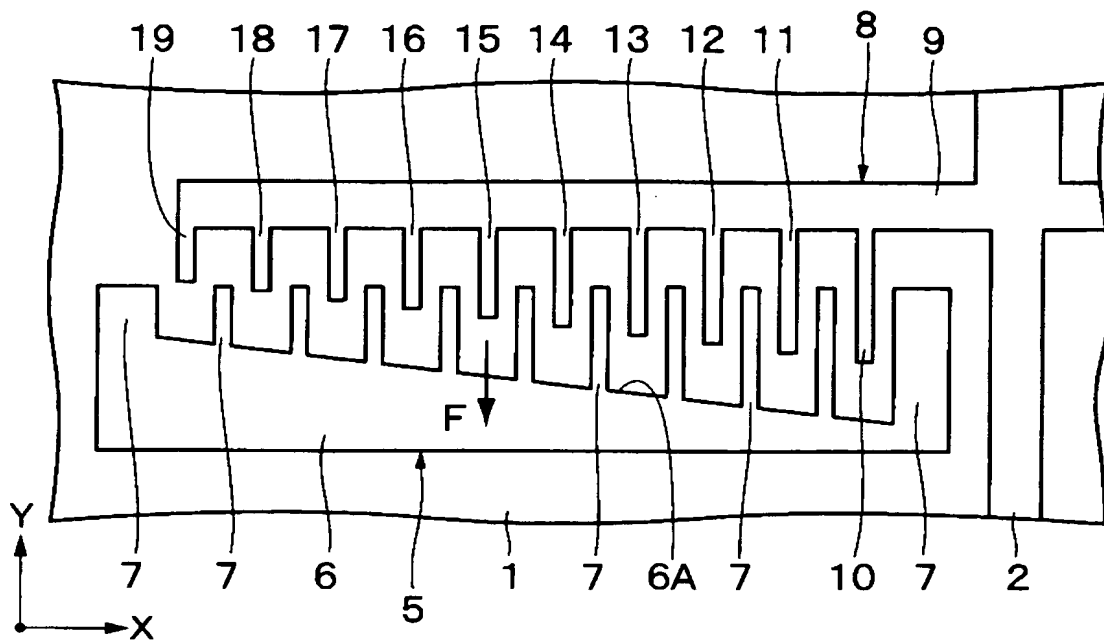
【図 4】



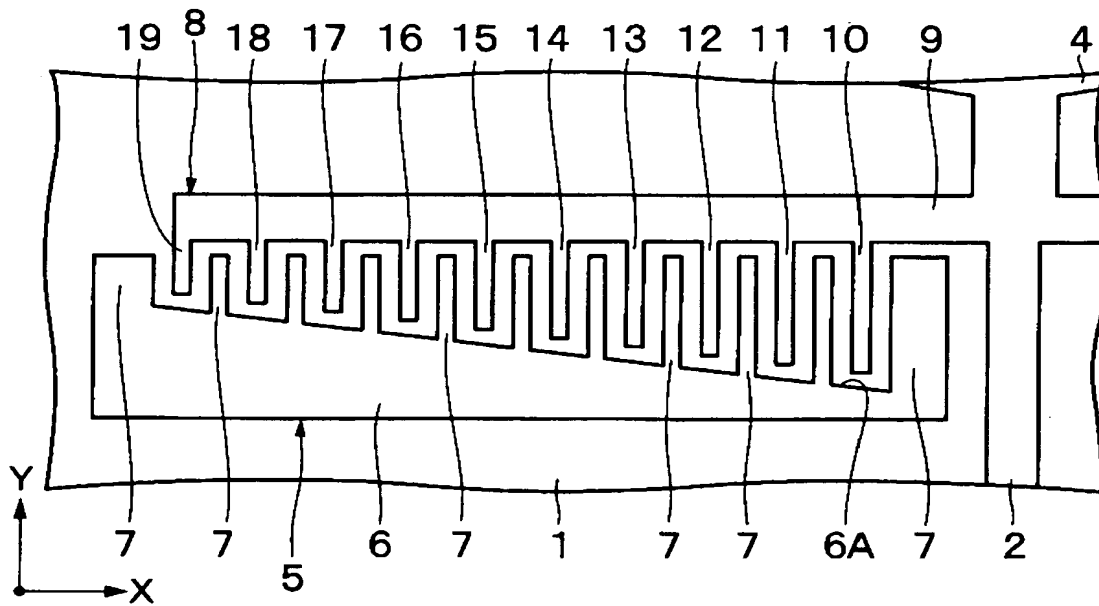
【図 5】



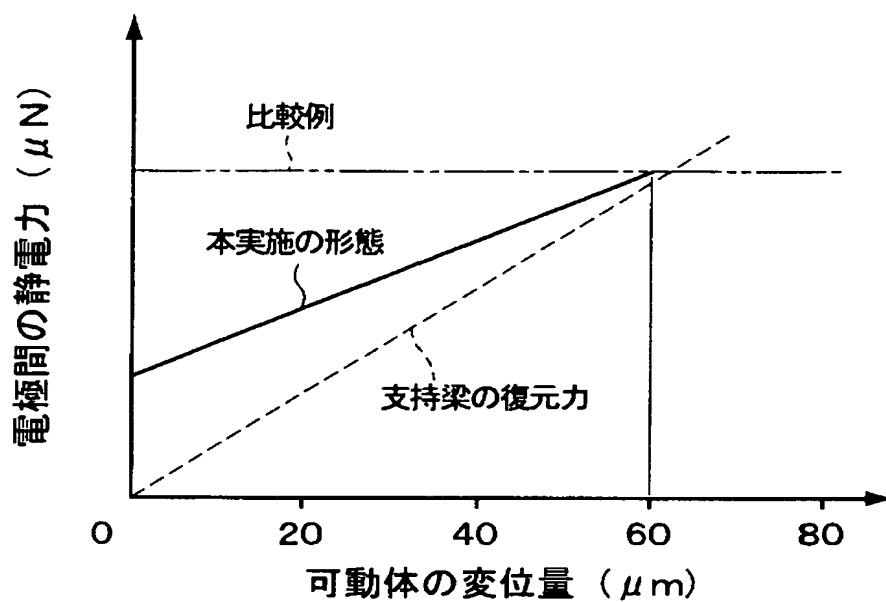
【図 6】



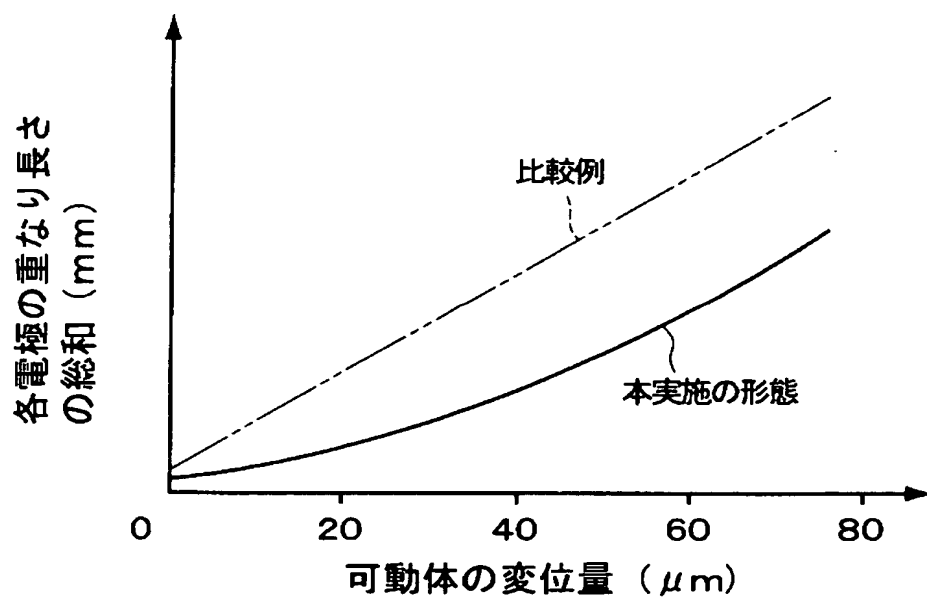
【図 7】



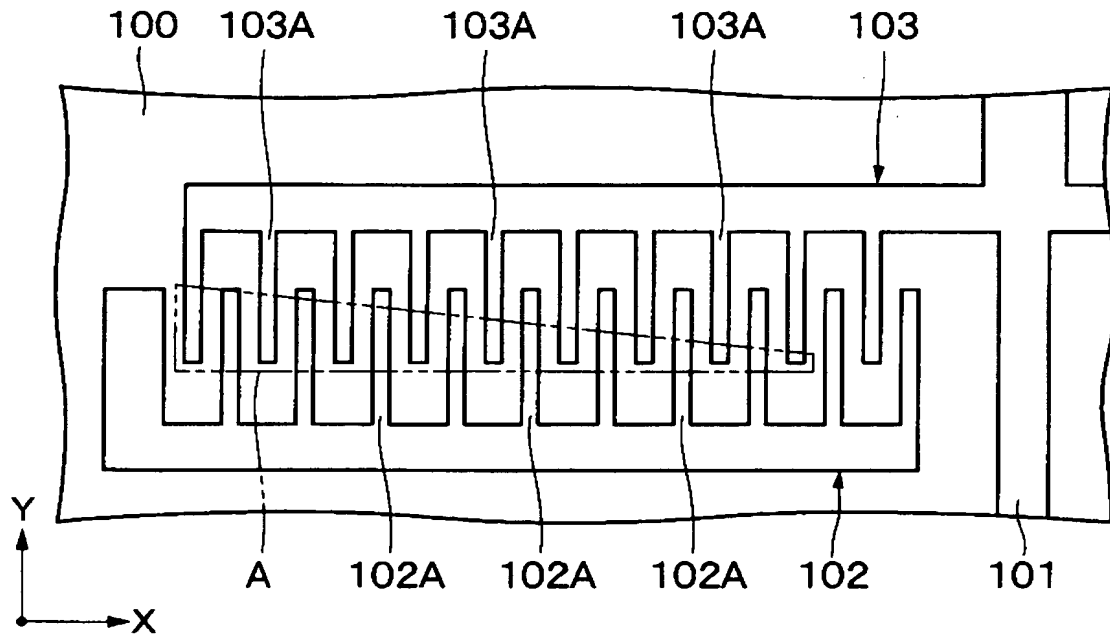
【図 8】



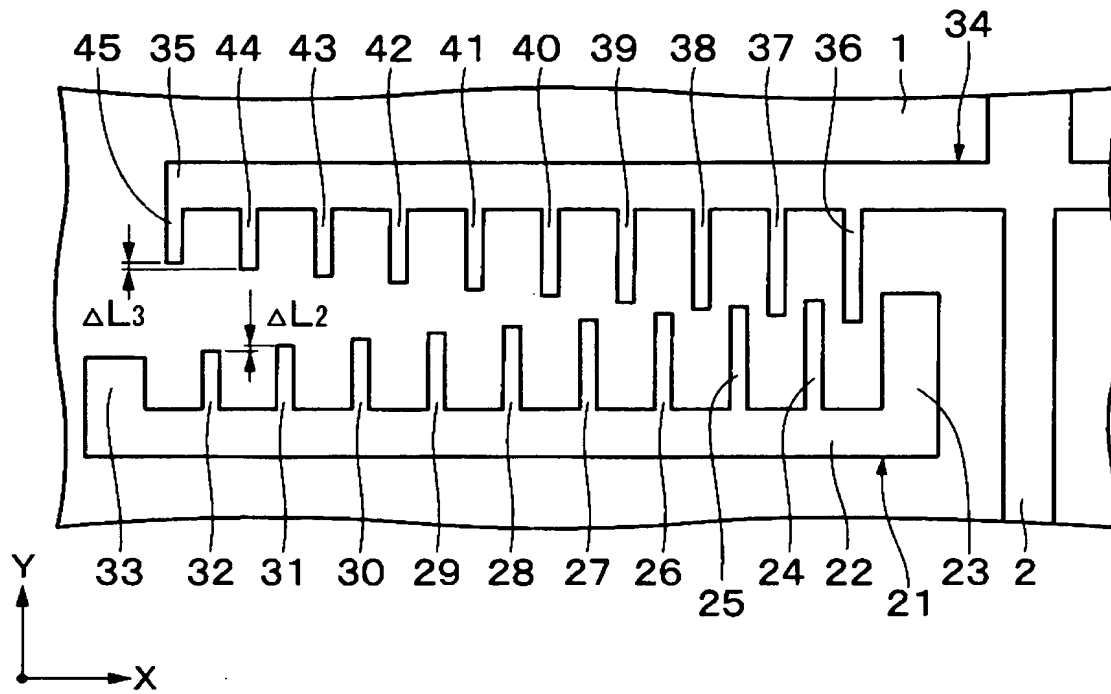
【図 9】



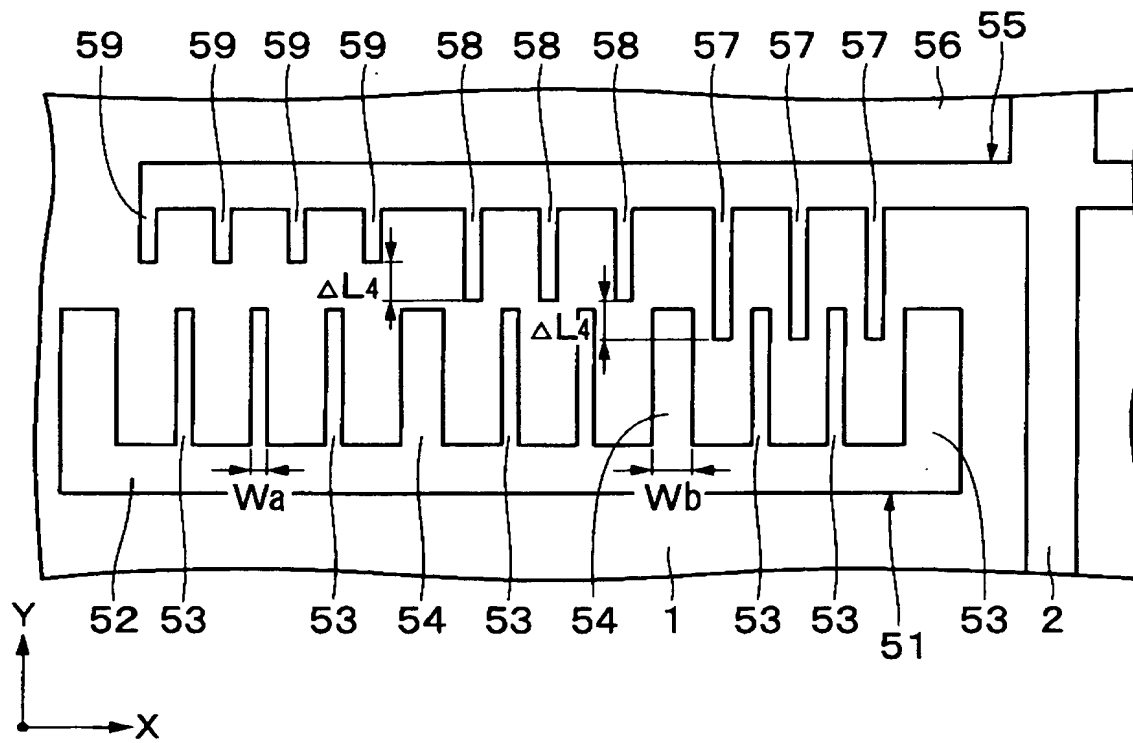
【図 10】



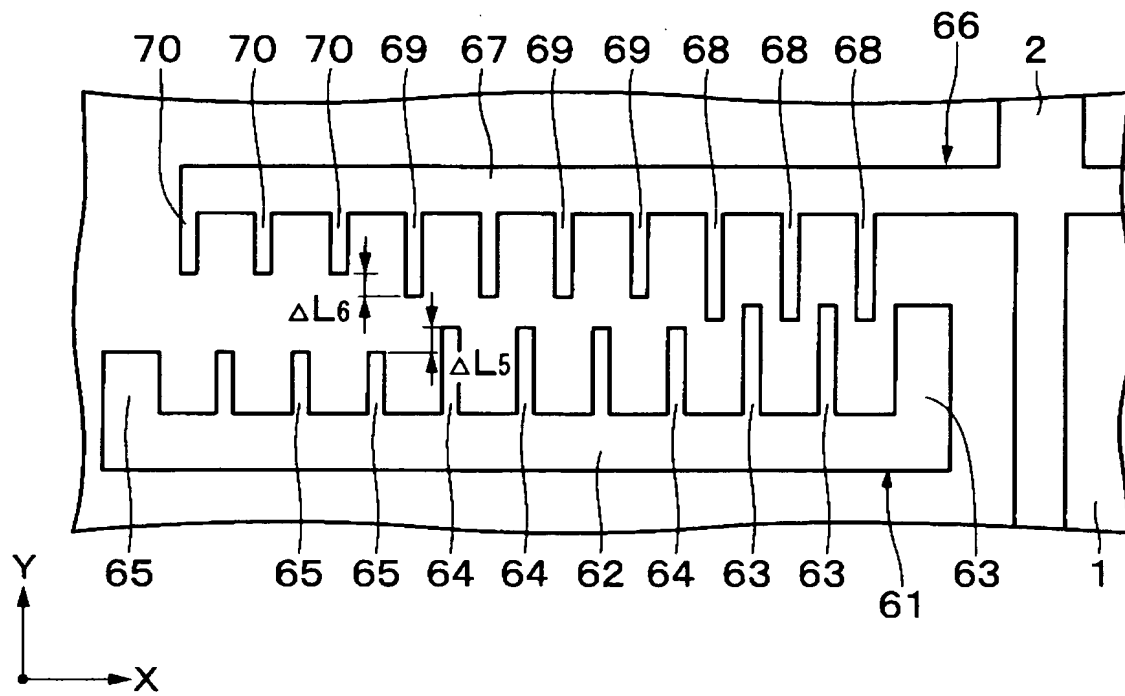
【図 11】



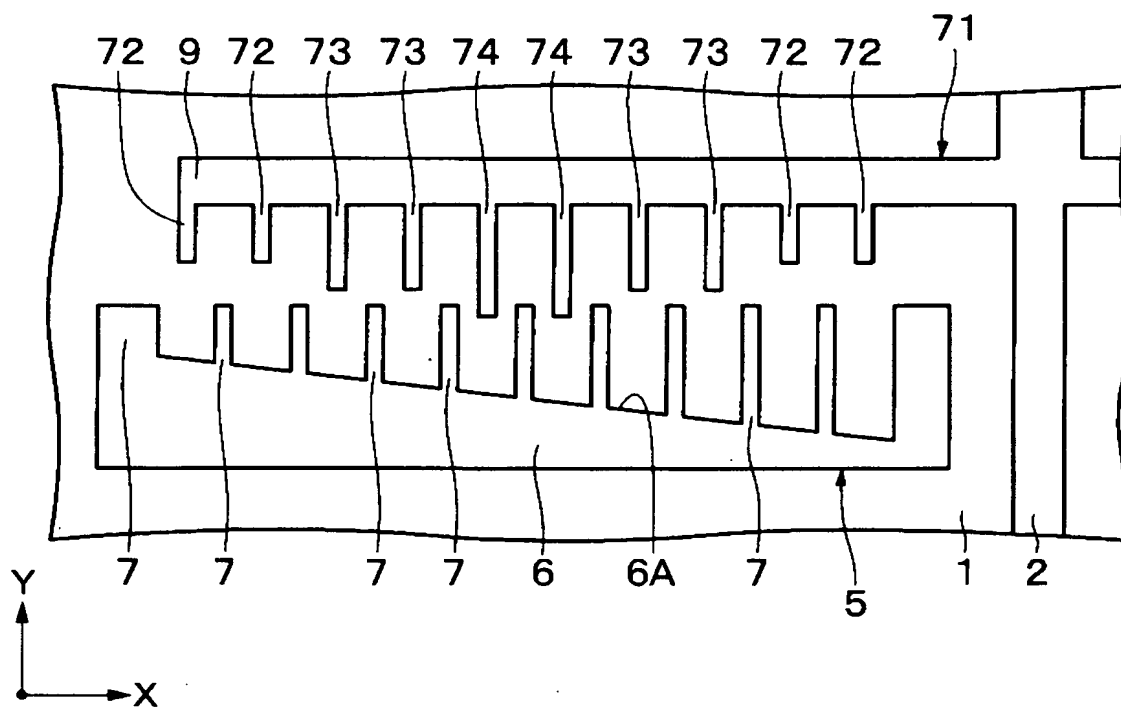
【図 12】



【図 13】



【図 14】







【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 櫛歯状電極の各電極板を異なる長さ寸法に形成することにより、可動体を円滑に駆動できるようにする。

【解決手段】 基板 1 には、各支持梁 4 を介して可動体 2 を Y 軸方向に変位可能に設ける。そして、可動体 2 を電極 5, 8 間の静電力によって変位させることにより、ミラー部 3 を駆動して光学装置 2 0 の光路を切替える。また、可動電極 8 の電極板 1 0 ~ 1 9 は、Y 軸方向の長さ寸法が可動体 2 に近い位置から離れた位置に向けて段階的に小さくなるように形成する。これにより、可動体 2 を駆動するときには、電極板 7 と電極板 1 0 ~ 1 9 とが噛合して重なり合う長さを必要最低限の寸法に抑えることができる。従って、これらの電極形状にばらつき等が存在する場合でも、可動体 2 が X 軸方向の静電力によって傾くように変位するのを防止でき、その動作を安定させることができる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 1 6 5 3 8
受付番号	5 0 3 0 0 1 1 6 4 3 2
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 5 年 1 月 2 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成15年 1月24日

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 1 6 5 3 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 2 3 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

氏 名

株式会社村田製作所